

## ОЦІНКА ВПЛИВУ ФАКТОРІВ ЗОВНІШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА НА ОПЕРАЦІЙНУ ДІЯЛЬНІСТЬ ПІДПРИЄМСТВА НА ПІДГРУНТІ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ

О. В. Головень

канд. екон. наук, доцент кафедри економічної кібернетики

Запорізька державна інженерна академія

mme\_it@rambler.ru

---

У статті обґрунтовано вибір нейронних мереж як інструменту оцінки впливу факторів зовнішнього середовища, представлено методику нейромережевого моделювання для вирішення різноманітних задач у сфері управління підприємством і розроблено модель нейронної мережі оцінки впливу факторів зовнішнього середовища на успішність поставок продукції.

**Ключові слова.** *Моделювання, нейронна мережа, зовнішнє середовище, поставка продукції.*

В статье обоснован выбор нейронных сетей как инструмента оценки влияния факторов внешней среды, представлена методика нейросетевого моделирования для решения разнообразных задач в сфере управления предприятием и разработана модель нейронной сети оценки влияния факторов внешней среды на успешность поставок продукции.

**Ключевые слова.** *моделирование, нейронная сеть, внешняя среда, поставка продукции.*

The choice of neural networks as tool of an estimation of environment factors influence is proved in article. The neural network technique of modeling for making decisions on various problems in sphere of operation of business is presented and the model of a neuron network for estimation of environment factors influence on delivering of production success is developed.

**Keywords.** *modeling, neural network, environment, production delivery.*

---

### Вступ

Різноманітність і нестабільність умов зовнішнього середовища підприємства обумовлює об'єктивну необхідність своєчасної, швидкої реакції системи управління на зміни з мінімальними витратами. Для цього керівництво повинно не тільки мати у своєму розпорядженні інформацію про фактори зовнішнього середо-

вища, скільки їх кількісну/якісну оцінку та вміти визначити їх спільний вплив на основні операційні процеси.

Проблемами оцінки впливу зовнішнього середовища на підприємство займалися такі вчені, як: І. Ансофф [1—2], В. Архіпов [3], Дж. Белла [4], С. П. Болотов [5], А. Воронкова [6], А. П. Градов [7], П. Дженстер [8], А. Стрикленд та А. Томпсон [9], Д. Хасці [10], Л. Г. Шемаєва [11], Г. Штейнер [12—13] та ін. Але деякі важливі питання при цьому залишилися нерозглянутими, як то: залежність складу множини факторів зовнішнього середовища від сутності досліджуваного показника, відсутність універсального економіко-математичного інструментарію корегування значення досліджуваних показників із урахуванням множини факторів зовнішнього середовища тощо. Актуальність означених питань і необхідність проведення подальших досліджень зумовили вибір теми та мети дослідження.

### **Постановка завдання**

Метою статті є розробка методологічних засад і практичних рекомендацій із забезпечення оцінки впливу зовнішнього середовища на діяльність підприємства на підґрунті теорії нейронних мереж. Для цього поставлено такі завдання: обґрунтувати вибір нейронних мереж як інструменту оцінки впливу факторів зовнішнього середовища; сформувати методику нейромережевого моделювання для вирішення різноманітних задач у сфері управління підприємством; визначити фактори зовнішнього середовища, які впливають на успішність поставок продукції; розробити модель нейронної мережі оцінки впливу факторів зовнішнього середовища на успішність поставок продукції та провести її апробацію.

### **Результати**

У сучасних умовах економіки України все більш складними, різноманітними та різноспрямованими стають фінансові, економічні, соціальні, технічні, організаційні зв'язки. Прискорюється темп суспільно-політичних процесів, збільшуються обсяги інформації. За таких умов функціонування підприємств характеризується нестабільністю цілей, обумовленою нестабільністю попиту та пропозиції, мінливістю цін на товари та фактори виробництва, змінами в конкурентному середовищі та іншими макро- й мікро-економічними дестабілізуючими чинниками.

Внаслідок такої ситуації постає низка задач, пов'язаних з необхідністю налаштування систем управління підприємств на нові умови господарювання, зокрема: розробка стратегії розвитку і функціонування підприємств; перехід на нові, більш ефективні методи і засоби управління підприємствами; моніторинг стану сегмента ринку підприємства та його структурних підрозділів з оперативним реагуванням на зміни; оперування стрімко зростаючими обсягами інформації, обробка її в реальному масштабі часу; атестація, підготовка і перепідготовка персоналу до роботи в нових умовах та ін.

При цьому ефективність управління підприємством забезпечується за рахунок дії та впливу умов функціонування підприємства, що в загальному випадку складаються з підмножини зовнішніх умов функціонування, ініційованих зовнішнім середовищем, і підмножини внутрішніх умов функціонування, сформованих внутрішнім середовищем (рис. 1).

Математично структура множини умов функціонування подається таким чином:

$$W(t) = \{W^E(t), W^I(t)\}, \quad (1)$$

де  $W(t)$  — загальна множина умов функціонування підприємства;

$W^E(t)$  — підмножина зовнішніх умов функціонування;

$W^I(t)$  — підмножина внутрішніх умов функціонування.

Внутрішнє середовище підприємства є джерелом акумулювання його ресурсних, фінансових, технічних, кадрових можливостей і використовується як засіб ефективного реагування на впливи зовнішнього середовища. Це дає можливість підприємству адаптовано функціонувати протягом певного проміжку часу.

Підмножина внутрішніх умов функціонування має наступну структуру:

$$W^I(t) = \{R(t), M(t), A(t)\}, \quad (2)$$

де  $R(t)$  — множина параметрів виробничо-технологічних і ресурсних можливостей підприємства;

$M(t)$  — маркетингові можливості;

$A(t)$  — резерви.

Аналіз зовнішнього середовища є інструментом, за допомогою якого керівники відстежують зовнішні стосовно підприємства фактори з метою визначення потенційних небезпек і своєчасного використання нових можливостей. Вивчення зовнішнього середовища також дозволяє керівництву вчасно прогнозувати появу ринкових загроз, що втілюються у певні проблеми або проблемні ситуації, підготувати ситуаційні плани на випадок виникнення непередбачених обставин, розробити стратегію, що дозволить досягти поставленої мети та перетворити потенційні загрози у можливі вигоди.

У зв'язку з тим, що різноманітні проблеми проявляються в різних сферах зовнішнього оточення, їх дослідження дозволяє одержати більш повну інформацію про тенденції розвитку зовнішнього середовища підприємства, які перебувають у стадії формування.

Зовнішнє середовище підприємства доцільно представити як сукупність двох самостійних підсистем: макросередовища (середовище непрямого впливу) та мікросередовища (середовище прямого впливу) (рис. 1).

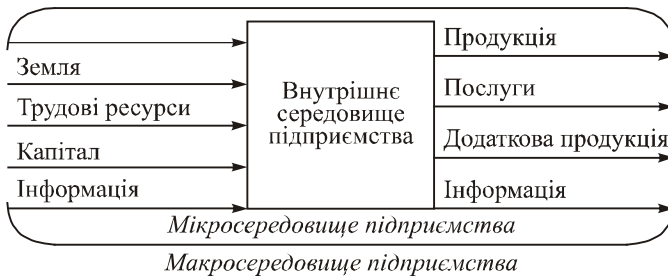


Рис. 1. Множина умов функціонування підприємства

Середовище непрямого впливу створює загальні умови функціонування підприємства та, як правило, не має специфічного характеру стосовно окремо розглянутого підприємства. Однак, сила зовнішніх збурень макросередовища на різні підприємства може істотно розрізнятися, що пов'язане з розходженнями як у сферах діяльності систем, так і в їхньому внутрішньому потенціалі.

Структура макросередовища підприємства містить у собі економічну, правову, політичну, соціальну, технологічну складові. Проте в літературних джерелах представлено більш узагальнюючий і деталізований опис макросередовища підприємства, що ґрунтується на таких гіпотезах:

1. Всі складові макросередовища підприємства перебувають у стані взаємодії, тобто зміни в одному з компонентів обов'язково приводять до зміни в інших компонентах макросередовища. Тому їх аналіз повинен проводитися комплексно з відстеженням конкретних змін в окремих складових макросередовища та оцінкою їх впливу на інші компоненти макросередовища.

2. Сила збурюючих впливів окремих складових макросередовища на різні підприємства різна. Зокрема, ступінь впливу проявляється по-різному залежно від розміру підприємства, його галузевої та територіальної приналежності тощо. Саме з цієї причини при аналізі макросередовища використовується його гомоморфна модель із виділенням тільки тих параметрів, які суттєво впливають на підприємство та можуть бути з більшою або меншою точністю виміряні.

Об'єднавши вищевказані класифікації розроблено структуру макросередовища підприємства, що ілюструється на рис. 2.

Вивчення середовища прямого впливу підприємства орієнтоване на складові зовнішнього середовища, з якими підприємство перебуває в безпосередній взаємодії, що може бути представлено у вигляді комплексу взаємозалежних підсистем: покупців, постачальників, конкурентів і ринку робочої сили.

Аналіз покупців як компоненти мікросередовища, в першу чергу, має своїм завданням формування профілю тих, хто купує продукцію підприємства. Вивчення покупців дозволяє керівництву підвищити розуміння того, яка продукція в найбільшій мірі буде сприйматися покупцями, на який обсяг продажів можна розраховувати, наскільки можна розширити коло потенційних покупців, що очікує продукт у майбутньому, тощо.

Аналіз постачальників спрямований на виявлення тих суб'єктів господарювання, що забезпечать підприємство сировиною, напівфабрикатами, енергетичними, інформаційними та фінан-

совими ресурсами, від яких залежить ефективність роботи підприємства, собівартість і якість виробленої ним продукції.

Вивчення конкурентів займає особливе й дуже важливе місце в стратегічному управлінні та спрямоване на виявлення слабких і сильних сторін конкурентів для того, щоб на підставі результатів аналізу формувати стратегію конкурентної боротьби.

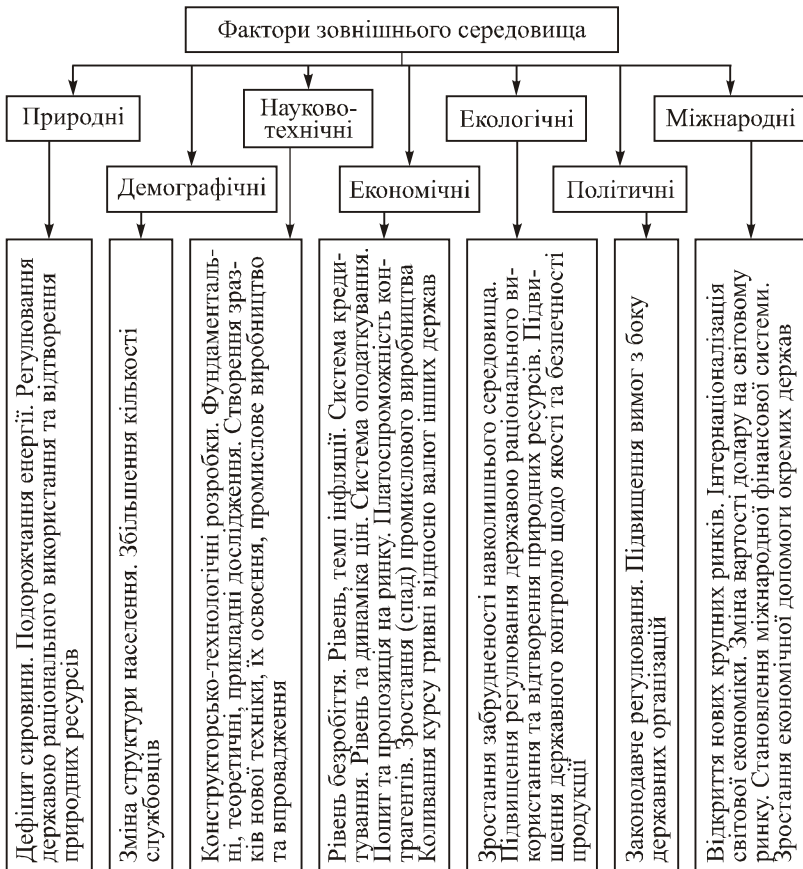


Рис. 2. Структура середовища непрямого впливу на підприємство

Аналіз ринку робочої сили спрямований на виявлення його потенційних можливостей у забезпеченні підприємства необхідними кадрами. Вивчення ринку робочої сили повинне здійснюватися як з погляду наявності на ньому кадрів необхідної спеціальності й кваліфікації, рівня освіти, віку, так і з погляду вартості робочої сили.

При цьому слід зазначити, що підприємство може впливати на характер і зміст взаємодії зі своїм мікросередовищем, тим самим активно беручи участь у формуванні додаткових можливостей і запобігаючи появі загроз і проблем.

Метод, який використовують для діагностики середовища прямого впливу підприємства, прийнято називати управлінським обстеженням. Він заснований на комплексному дослідженні різних функціональних зон і, залежно від поставленого завдання, може бути простим або більш складним. Обстеження зазвичай полягає у вивченні п'яти функціональних зон: маркетинг, фінанси та облік, виробництво, персонал, організаційна культура, імідж підприємства. Узагальнений вплив факторів прямого та непрямого середовища на підприємство представлено на рис. 3.

До засобів, що забезпечують ефективну реакцію на зміни зовнішнього середовища, відносять таку систему управлінських заходів, яку впроваджують на підприємстві:

- аналіз зовнішнього середовища;
- своєчасне виявлення потреб і запитів потенційних покупців;
- аналіз економічної кон'юнктури ринку товарів і послуг;
- розробка та реалізація конкурентоспроможних ідей в області технології та організації виробництва товарів і послуг;
- забезпечення незалежності підприємства від зміни кон'юнктури ринку товарів і послуг, факторів виробництва за рахунок зовнішньої гнучкості;
- підтримка конкурентного рівня.

Таким чином, різноманітність та невизначеність умов зовнішнього та внутрішнього середовищ обумовлює об'єктивну необхідність своєчасної, швидкої реакції системи управління підприємства на зміни з мінімальними витратами. Для цього керівництво повинно не стільки мати у своєму розпорядженні інформацію про фактори зовнішнього середовища, скільки їх кількісне/якісне вимірювання та вміти оцінити їх спільний вплив на основні операційні процеси.

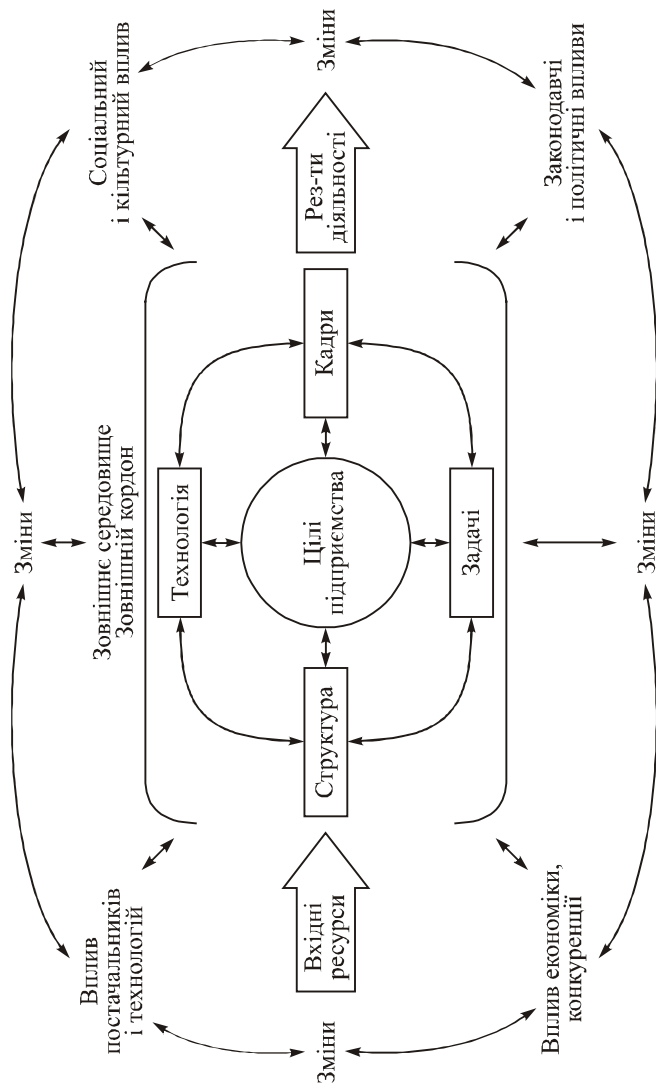


Рис. 3. Модель впливу зовнішнього середовища на підприємство



Різноманітний прояв факторів зовнішнього середовища підприємства може виявлятися як варіювання поставок ресурсів по відношенню до плану (або договірних умов із постачальниками та реалізаторами), зміна мінімального рівня заробітної плати, ставок податків, поява нових конкурентів на ринку, уподобання споживачів тощо. Однак сумарно оцінити вплив цих та багатьох інших чинників є складним завданням, труднощі у виконанні якого пов'язані із такими причинами:

- впливом факторів зовнішнього середовища на всі процеси підприємства;

- нерівнозначністю прояву впливу факторів зовнішнього середовища;

- визначальним впливом результуючих показників діяльності підприємства на набір елементів множини факторів зовнішнього середовища;

- відсутністю універсального економіко-математичного інструментарію оцінки силу впливу факторів зовнішнього середовища.

В останнє десятиріччя для вирішення складних завдань у гуманітарній сфері, соціології, економіці тощо активно використовують нейронні мережі. Результати застосування нейронних мереж у різних сферах діяльності дозволяють виділити такі їх переваги порівняно з традиційними математичними методами:

- паралелізм обробки інформації — глобальність зв'язків між нейронами (до навчання зв'язки між нейронами довільні, але навчання на прикладах формує структуру мережі під конкретне завдання);

- наявність єдиного та ефективного принципу навчання нейромереж — мінімізація емпіричної помилки методом її зворотного поширення по мережі (ззовні задається лише мета навчання, тобто спосіб визначення помилки на виходах мережі; далі мережа поступово модифікує свою конфігурацію, мінімізуючи помилку, все краще справляючись з покладеним на неї завданням);

- здатність навчатися на прикладах в тих випадках, коли невідомі закономірності розвитку ситуації при невизначеній залежності між вхідними та вихідними даними, а також у випадках неповної, неточної та внутрішньо суперечливої вхідної інформації;

- висока швидкість навчання та отримання рішення;

- надійність функціонування (надмірність зв'язків приводить до того, що значення кожної ваги окремо не грає вирішальної

ролі; виключення обмеженого числа нейронів або обрив окремих зв'язків не позначається критичним чином на якості роботи мережі);

— можливість знаходити оптимальні для певного інструмента параметри та будувати адекватну для заданої множини вхідних даних модель. Більше того, нейромережеві моделі здатні адаптуватись і змінюватись відповідно до ситуації, що особливо важливо в умовах нестабільної економічної ситуації;

— здатність вирішувати неформалізовані завдання (нейромережа здатна самостійно виробляти дуже складні алгоритми обробки даних, формалізувати які в більшості випадків експерти в предметній області самостійно не можуть);

— відносна дешевизна нейромережевих розробок;

— перепрограмованість.

До недоліків нейронних мереж можна віднести їх прихований характер функціонування.

Найбільшу ефективність у моделюванні економіки нейронні мережі показали в таких сферах: аналіз споживчого ринку, проектування та оптимізація мереж зв'язку, прогнозування змін біржових індексів, управління цінами та виробництвом, дослідження факторів попиту, оцінка майна, аналіз страхових ризиків, діагностика фінансового стану та ймовірності банкрутства, аналіз об'єктів інвестування, оцінка економічної безпеки тощо. Спираючись на доведену ефективність даного інструментарію при вирішенні багатьох економічних завдань пропонуємо оцінку впливу факторів зовнішнього середовища на діяльність підприємства проводити із застосуванням нейронних мереж.

Процес нейромережевого моделювання для вирішення різноманітних задач управління на підприємстві можна представити таким чином:

1. Чітка постановка завдання, яка стоїть перед ОПР, та формулювання задачі, яку при цьому треба розв'язати.

2. Формування множини показників.

2.1. Визначення критеріїв корисності інформації для ОПР. Серед вимог до даних можна виділити такі: точність інформації, відповідність до поставленої задачі, достатність, стислість, повнота інформації.

2.2. Формування набору показників і масиву їх значень, які характеризують стан і динаміку зміни зовнішнього та внутрішнього середовищ.

2.3. Попередня обробка даних з метою їх адаптації до умов задачі.

3. Нейромережеве моделювання.

3.1. Визначення економічної сутності вхідних і вихідних змінних нейронної мережі.

3.2. Формування бази альтернативних моделей нейронних мереж. Виділяють такі їх види: перцептрони, лінійні мережі, радіально-базисні мережі, самоорганізаційні карти Кохонена, мережі Елмана, мережі Хопфілда та ін.

3.3. Формування архітектури нейронних мереж, під чим розуміють відомості про структурні елементи мережі та взаємозв'язки між ними, тобто інформацію про: число шарів в мережі; кількість нейронів у кожному шарі; наявність або відсутність зсувів; вид функції активації в кожному шарі; характер з'єднання шарів між собою (прямий зв'язок, зворотний зв'язок, з лініями затримки або без них). На цьому етапі також проводиться ініціалізація нейронної мережі, тобто задаються початкові значення ваг зв'язків, вид і параметри функцій активації та зсуви у суматорах нейронів.

3.4. Підготовка даних — кодування та перетворення відповідного масиву показників. Під кодуванням розуміється процес перетворення первинних даних до виду, зручного для навчання мережі; перетворення — маніпулювання первинними даними або їх кодованими еквівалентами. Найбільш важливими завданнями, які необхідно вирішити на даному етапі є:

— класифікація типу даних (дискретні, неперервні, категоріальні);

— видалення «викидів», тобто значень, що знаходяться далі, ніж задане число стандартних відхилень від середнього (за критерій сортування часто беруть значення 2,5);

— зниження розмірності, тобто зменшення кількості входів і виходів мережі, що дозволяє використовувати меншу кількість даних, забезпечуючи прийнятний рівень складності мережі (основними методами реалізації є аналіз коваріаційної матриці, аналіз ентропії, методи аналізу ієрархій і головних компонент);

— шкалування даних, коли вхідні дані перетворюються відповідно до діапазону вихідних значень функції активації нейронів вихідного шару (основні методи — лінійне, нелінійне, «м'яке» (softmax) шкалування).

3.5. Налаштування нейронної мережі — це процес підбору (підгонки) параметрів (ваг і зміщень) математичної моделі досліджуваного процесу, що реалізується нейронною мережею таким чином, щоб на основі вхідного вектора із заданим ступенем точності отримувалася розрахунок результуючої змінної. Здійснюється за допомогою спеціальних алгоритмів навчання із вчителем (зворотного поширення помилки, правила Хебба, дельта-правила, узагальненого дельта-правила, конкурентного та стохастичного навчання, генетичних алгоритмів тощо). Навчання без вчителя застосовується для пошуку взаємозалежностей у векторах вхідних даних, коли або не відомі значення вихідної змінної, або вона взагалі не існує (за таким принципом, зокрема, здійснюється кластеризація досліджуваних об'єктів у нейронних мережах, що самоорганізуються).

Досить важливим для навчання ШНМ є питання про те, наскільки потужною має бути навчальна множина. Відповідно до одного з евристичних правил кількість навчальних векторів (при навчанні без вчителя), пар векторів (при навчанні з вчителем) повинно бути в 10 разів більше числа зв'язків у мережі. При цьому треба враховувати складність розв'язуваної задачі: якщо відображення вхід-вихід гіпотетично лінійне (нелінійне), то потужність навчальної множини може бути меншою (більшою).

3.6. Проведення числових експериментів та оцінка ефективності налаштування нейронних мереж шляхом перевірки моделі на точність виконання поставленої задачі. Для цього використовують критерії якості навчання/функції помилок (сума квадратів відхилень, середньоквадратична похибка, комбінована похибка, середня абсолютна похибка).

3.7. Вибір конфігурації нейронної мережі, яка дозволить найбільш успішно розв'язувати поставлену задачу.

4. Розв'язок поставленої задачі та техніко-економічна інтерпретація отриманих результатів.

5. Розробка управлінських рекомендації із отриманих в результаті моделювання розв'язків і рішень.

Побудову та аналіз моделей нейронних мереж доцільно здійснювати за допомогою сучасних пакетів програм, які реалізують відповідні технології. Серед них можна виділити такі: *Neuro office*, *NeuroSolution*, *NeuroShell*, *STATISTICA Neural Networks* та інші. Для оцінки впливу факторів зовнішнього середовища на операційну діяльність підприємства необхідно провести конс-

труювання нейронних мереж і дослідження їх ефективності в одному із зазначених вище програмних пакетів. На початковому етапі встановлюється множина вхідних і вихідних змінних (рис. 4).

Вихідною змінною  $a$  нейронної мережі (відповідно до рис. 4) можуть виступати такі показники: розмір прибутку від операційної діяльності, величина збитків, обсяг виробництва продукції, середні витрати матеріалів на виробництво продукції, відпускна ціна продукції, ймовірність беззбиткової діяльності, ефективність реклами, обсяг попиту та багато інших економічних показників операційної діяльності.

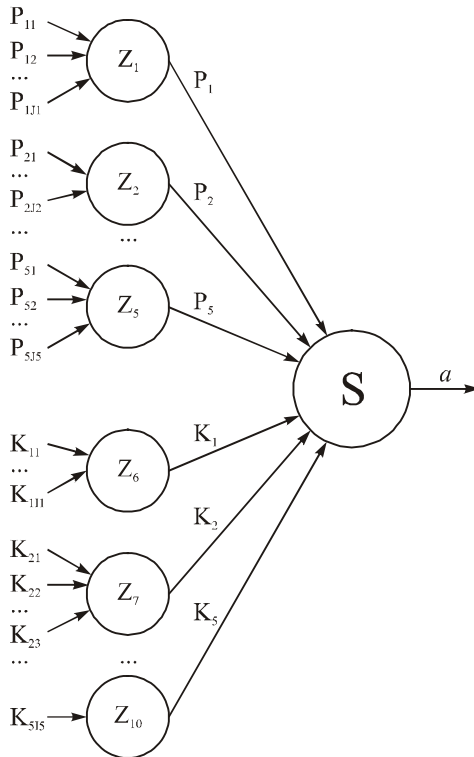


Рис. 4. Формальна схема штучної нейронної мережі для оцінки впливу факторів зовнішнього середовища на операційну діяльність підприємства

Вибір кінцевого показника/вихідної змінної нейронної мережі обумовлює набір вхідних змінних. Тому узагальнено їх можна представити так:

$P = \{P_p\}, p = \overline{1,5}$  — множина факторів прямого впливу зовнішнього середовища, де нижній індекс  $p = 1$  характеризує вплив факторів, ініційований постачальниками,  $p = 2$  — профспілками,  $p = 3$  — споживачами,  $p = 4$  — конкурентами,  $p = 5$  — державними органами;

$P_{pj}, p = \overline{1,5}, j_p = \overline{1, J_p}$  — множина факторів прямого впливу зовнішнього середовища найнижчого рівня ієрархії;

$J_p$  — кількість факторів прямого впливу зовнішнього середовища найнижчого рівня ієрархії у  $p$ -ій групі факторів верхнього рівня;

$K = \{K_k\}, k = \overline{1,5}$  — множина факторів непрямого впливу зовнішнього середовища, де нижній індекс  $k = 1$  характеризує вплив факторів, ініційований міжнародними подіями,  $k = 2$  — зміною стану економіки,  $k = 3$  — соціально-культурним розвитком,  $k = 4$  — політичними обставинами,  $k = 5$  — науково-технічним прогресом;

$K_{ki}, k = \overline{1,5}, i_k = \overline{1, I_k}$  — множина факторів непрямого впливу зовнішнього середовища найнижчого рівня ієрархії;

$I_k$  — кількість факторів непрямого впливу зовнішнього середовища найнижчого рівня ієрархії у  $k$ -ій групі факторів верхнього рівня;

$Z_l, l = \overline{1,10}$  — штучні нейрони першого шару;

$S$  — штучний нейрон вихідного шару мережі.

Наприклад, якщо  $a$  інтерпретується як ймовірність «вдалої» поставки продукції (в повному обсязі точно в строк), то набір вхідних змінних подається так:

$P_1 = f(P_{11}, P_{12}, P_{13})$ , де  $P_{11}$  — ціна на поставку запчастин для транспортних засобів;  $P_{12}$  — ціна на нафтопродукти;  $P_{13}$  — строки поставок необхідних розхідних матеріалів і поновлення основних засобів виробництва;

$P_2 = f(P_{21}, P_{22})$ , де  $P_{21}$  — заробітна платня обслуговуючого персоналу;  $P_{22}$  — умови праці;

$P_3 = f(P_{31}, P_{32}, P_{33}, P_{34})$ , де  $P_{31}$  — вид і габарити вантажу;  $P_{32}$  — строки поставок вантажу покупцям;  $P_{33}$  — відстань і складність маршруту;  $P_{34}$  — попит на продукцію;

$P_4 = f(P_{41}, P_{42}, P_{43})$ , де  $P_{41}$  — попит на продукцію конкурентів;  $P_{42}$  — конкурентоспроможність підприємства;  $P_{43}$  — ціни на аналогічний вид продукції у конкурентів;

$P_5 = f(P_{51}, P_{52})$ , де  $P_{51}$  — жорсткість митного законодавства;  $P_{52}$  — податкове навантаження на даний вид операцій;

$K_1 = f(K_{11}, K_{12})$ ,  $K_{11}$  — міжнародна політична ситуація;  $K_{12}$  — непередбачені міжнародні події;

$K_2 = f(K_{21}, K_{22}, K_{23})$ , де  $K_{21}$  — зміна рівня цін;  $K_{22}$  — темпи інфляції;  $K_{23}$  — зростання фактичної заробітної плати;

$K_3 = f(K_{31}, K_{32})$ , де  $K_{31}$  — особисті якості працівників;  $K_{32}$  — дорожні умови.

Слід зазначити, що кожен якісний фактор оцінювався групою експертів підприємства за п'ятибальною шкалою, де 1 — слабка сила впливу, 2 — помірна сила впливу, 3 — середня сила впливу, 4 — велика сила впливу, 5 — дуже велика сила впливу.

Експериментальне дослідження адекватності побудованої нейромережевої моделі здійснювалось на статистиці ВАТ «Пробіотик». На основі даних за 100 останніх перевезень цього підприємства розраховувалась ймовірність вдалої поставки. При цьому встановлено, що за даними попередніх перевезень результати поставок можна класифікувати наступним чином: доставка раніше строку в повному обсязі, доставка у строк у повному обсязі, доставка із запізненням у повному обсязі, доставка в строк у неповному обсязі та доставка із запізненням у неповному обсязі. Ймовірність вдалої поставки продукції ВАТ «Пробіотик» для кожного з п'яти класів за даними 100 останніх перевезень приведена в табл. 1.

Таблиця 1

**ЙМОВІРНІСТІ ВДАЛОЇ ПОСТАВКИ ПРОДУКЦІЇ ВАТ «ПРОБІОТИК»**

№ класу	Економічна інтерпретація класу	Ймовірність
1	Доставка із запізненням у неповному обсязі	0,03
2	Доставка в строк у неповному обсязі	0,02
3	Доставка раніше строку в повному обсязі	0,02
4	Доставка із запізненням у повному обсязі	0,42
5	Доставка у строк у повному обсязі	0,51

Класифікація ефективності поставок здійснюватиметься шляхом розрахунку належності до одного із класів дискретної функції емпіричного закону розподілу ймовірності вдалої поставки продукції ВАТ «Пробіотик», що будується на основі табл. 1. Для побудови дискретної функції емпіричного закону розподілу за даними в табл. 1 визначено кумулятивну ймовірність поставок (табл. 2). Відповідно до отриманих результатів: якщо розрахована ймовірність успішності поставок має значення в інтервалі  $[0; 0,03]$  тоді поставку відносять до 1-го класу, тобто інтерпретують як доставку із запізненням у неповному обсязі (див. табл. 1); якщо встановлено, що ймовірність успішної поставки становитиме значення більше  $0,03$  та менше/дорівнює  $0,05$ , то поставку відносять до 2-го класу і так далі.

Таблиця 2

**КУМУЛЯТИВНА ЙМОВІРНІСТЬ ПОСТАВОК ПРОДУКЦІЇ ВАТ «ПРОБІОТИК»**

№ класу	Ймовірність поставки заданого класу	Кумулятивна ймовірність
1	0,03	0,03
2	0,02	0,05
3	0,02	0,07
4	0,42	0,49
5	0,51	1

Графічне представлення табличного закону розподілу ймовірності вдалої поставки продукції ВАТ «Пробіотик» наведено на рис. 5.

Отже, завданням нейронної мережі стає розв'язання задачі регресії, метою якої є розрахунок за значеннями вхідних показників значення числової вихідної змінної, що визначатиме належність до одного з класів дискретної функції емпіричного закону розподілу ймовірності вдалої поставки продукції ВАТ «Пробіотик». Наявна кількість статистичної інформації про діяльність ВАТ «Пробіотик» виявилась меншою за необхідний обсяг для ефективного настроювання нейронної мережі. Тому, щоб зменшити розмірність нейронної мережі, тобто зменшити кількість входів мережі, використано метод аналізу ієрархій. У результаті застосування даного методу для факторів найнижчого рівня ієрархії показників ВАТ «Пробіотик» було отримано висновок, що лише 10 з них до-



статньо для оцінки ймовірності вдалої поставки продукції:  $P_{11}$ ;  $P_{12}$ ;  $P_{21}$ ;  $P_{31}$ ;  $P_{32}$ ;  $K_{11}$ ;  $K_{12}$ ;  $K_{21}$ ;  $K_{22}$ ;  $K_{31}$ .

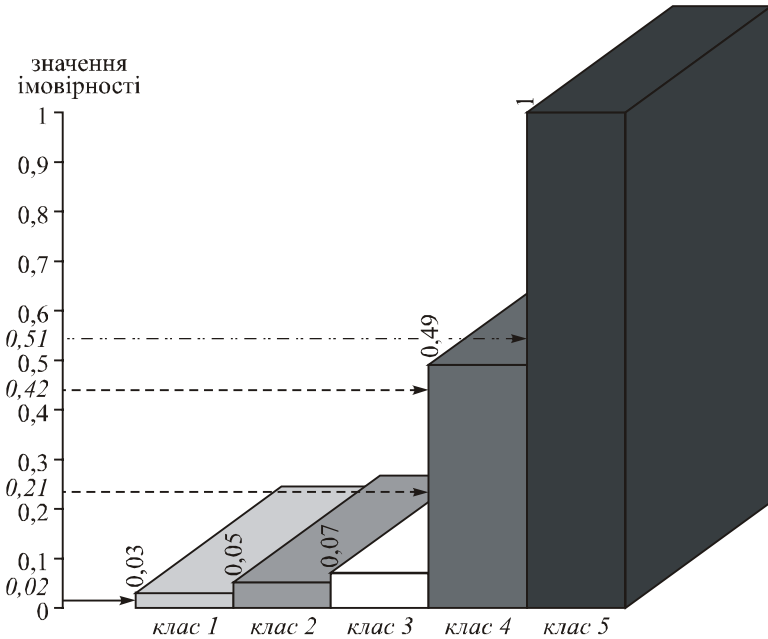


Рис. 5. Дискретна функція емпіричного закону розподілу ймовірності поставок продукції ВАТ «Пробіотик»

Конструювання та аналіз адекватності нейронних мереж доцільно проводити у *STATISTICA Neural Networks*, що є потужним і швидким інструментом, в основу якого покладено сучасні технології та який має високі робочі характеристики.

Для підбору найбільш відповідної за архітектурою та характеристиками нейронної мережі в пакеті *STATISTICA Neural Networks* доцільно використати Майстер рішення задач (*Intelligent Problem Solver*). Даний модуль дозволяє в автоматичному режимі визначити вхідні показники, дослідити багато моделей, провести їх навчання, протестувати за різноманітними методиками та обрати найкращу з них. Крім того, будь-яку нейронну мережу можна редагувати шляхом зміни архітектури мережі, кількості латентних шарів, функцій активації, застосування різних методів нав-

чання, зміни масиву початкової вибірки даних, тобто існує можливість підбору моделей нейронних мереж в інтерактивному режимі.

Завдання регресії в пакеті *STATISTICA Neural Networks* можна вирішувати за допомогою нейронних мереж наступних типів: багатошаровий перцептрон (рис. 6), радіально-базисна функція (рис. 7), узагальнено-регресійна мережа (рис. 8) і лінійна мережа (рис. 9). При цьому дані за усіма змінними повинні мати стандартний числовий (не номінальний) тип.

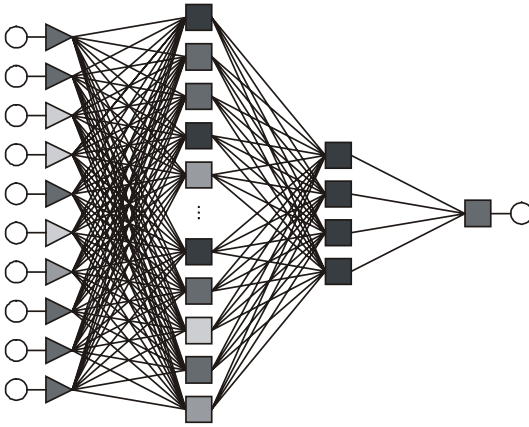


Рис. 6. Архітектура багатошарового перцептрону

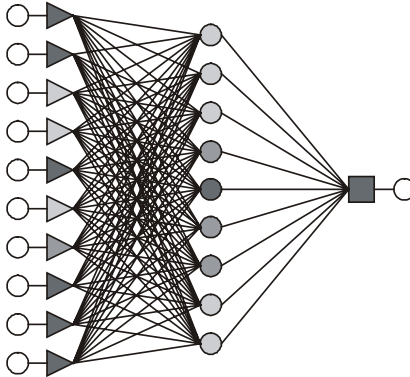


Рис. 7. Архітектура радіально-базисної функції

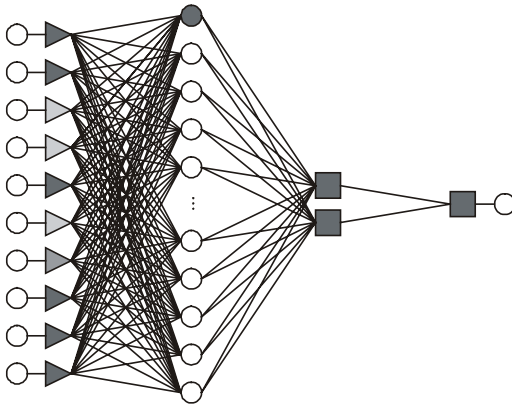


Рис. 8. Архітектура узагальнено-регресійної нейронної мережі

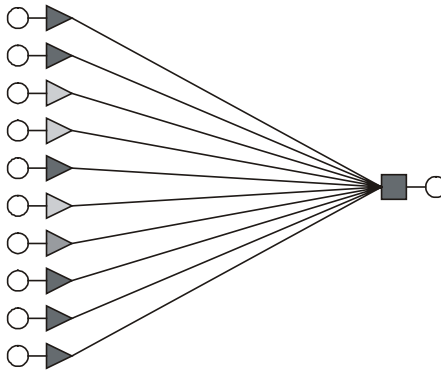


Рис. 9. Архітектура лінійної нейронної мережі

З метою дослідження ефективності зазначених вище нейромережевих моделей у пакеті *STATISTICA Neural Networks* можна переглянути їх порівняльні характеристики, що представляються в графічному вигляді (наприклад, як криві відгуку декількох моделей на одному графіку) або таблично. На рис. 10 представлено продуктивність і звіти про величину помилок. Отже, найбільш адекватною для вирішення поставленого завдання виявилась лінійна нейронна мережа з 10 входами і 1 виходом, яка надалі і буде використовуватись в оцінюванні ймовірності вдалої поставки на основі факторів зовнішнього середовища.

Подробные результаты моделей (Таблица)							
N	Архитектура	Производительность обуч.	Контр. производительность	Тест. производительность	Ошибка обучения	Контрольная ошибка	Тестовая ошибка
11	ОРНС 10:10-90-2-1:1	0,011628	0,446106	1,137928	0,096801	1,729792	3,141942
12	РБФ 10:10-9-1:1	0,790317	0,444184	0,704829	6,579347	1,365848	4,571653
13	Линейная 10:10-1:1	0,989227	0,957696	1,001134	0,097002	0,075149	0,109032
14	МП 10:10-12-4-1:1	0,263807	0,710549	0,813621	0,062770	0,057024	0,066905
15	Линейная 9-9-1:1	0,892975	0,426491	1,070242	0,212146	0,034017	0,084877

Рис. 10. Аналіз ефективності нейромережевих моделей різних типів в пакеті STATISTICA Neural Networks

Для прогнозування результатів 10 альтернативних поставок продукції співробітниками відділу логістики ВАТ «Пробіотик» оцінено вплив факторів зовнішнього середовища (табл. 3). Завдання полягає у відборі найкращих варіантів поставок з точки зору ефективності кінцевого результату.

Таблиця 3

ВХІДНІ ДАНІ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ

Фактори впливу № поставки										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$P_{11}$	3	5	4	3	4	2	1	1	2	4
$P_{12}$	4	4	2	3	3	3	3	1	2	2
$P_{21}$	5	1	4	2	3	4	5	1	3	1
$P_{31}$	5	3	2	1	4	3	1	2	5	1
$P_{32}$	3	4	2	2	2	4	5	3	3	3
$K_{11}$	2	3	1	1	1	5	2	3	1	1
$K_{12}$	3	4	5	3	4	1	5	5	4	5
$K_{21}$	2	1	1	1	5	1	3	3	4	3
$K_{22}$	5	5	4	3	4	5	4	1	1	4
$K_{31}$	4	5	5	3	4	4	2	4	4	3

Використовуючи побудовану в пакеті *STATISTICA Neural Networks* лінійну нейронну модель було отримано прогнозні значення ймовірності вдалої поставки продукції ВАТ «Пробіотик» для всіх 10 випадків, які зведено у табл. 4.

Таблиця 4

## РОЗРАХОВАНІ ЙМОВІРНІСТІ УСПІШНОСТІ ПОСТАВОК

№ поставки	Ймовірність вдалої поставки	Результат ефективності поставок
1	0,510611	Доставка у строк у повному обсязі
2	0,877459	Доставка у строк у повному обсязі
3	0,387722	Доставка із запізненням у повному обсязі
4	0,306768	Доставка із запізненням у повному обсязі
5	0,523213	Доставка у строк у повному обсязі
6	0,763301	Доставка у строк у повному обсязі
7	0,424715	Доставка із запізненням у повному обсязі
8	0,34175	Доставка із запізненням у повному обсязі
9	0,427609	Доставка із запізненням у повному обсязі
10	0,394507	Доставка із запізненням у повному обсязі

Класифікацію ефективності поставок (див. стовпчик 3 табл. 4) проведено на основі розрахованих ймовірностей (див. стовпчик 2 табл. 4) шляхом визначення належності їх значення до одного із класів дискретної функції емпіричного закону розподілу ймовірності вдалої поставки продукції ВАТ «Пробіотик», що наведено у табл. 2.

Отже, відповідно до табл. 4 значення прогнозованої ймовірності успішності поставки № 1 ВАТ «Пробіотик» становить 0,51, що дозволяє віднести її до 5-го класу «Доставка у строк у повному обсязі» (див. рис. 5). Поставка № 7 (див. табл. 3), значення ймовірності успішності якої становить 0,42, відноситься до 4-го класу «Доставка із запізненням у повному обсязі» (див. рис. 5). Наприклад, якщо в результаті використання побудованої нейронної мережі було б встановлено, що деяка поставка має ймовірність успіху 0,2, то її біло б віднесено до класу 1 «Доставка із запізненням у неповному обсязі» (див. рис. 5).

За результатами розрахунків та проведеної класифікації (див. табл. 4) поставки № 1, 2, 5, 6 будуть здійснені у строк і в повному обсязі, тобто можна рекомендувати укладання контракту із даними замовниками.

## Висновки

У сучасних умовах нестабільної економічної ситуації важливого значення набуває ефективне управління підприємством, необхідною умовою чого є використання сучасного інструментарію аналізу та моделювання, де нейронні мережі займають одне з провідних місць.

Для прийняття обґрунтованих управлінських рішень на підприємстві з урахуванням впливу факторів зовнішнього середовища запропоновано методику адаптації та навчання комплексу нейронних мереж. На основі сформованих теоретичних засад розроблено нейромережеву модель оцінки ймовірності вдалої поставки, яка враховує такі фактори зовнішнього середовища, як ціни на запчастини, ціни на нафтопродукти, заробітну плату співробітників, вид та габарити вантажу, строки поставок вантажу, рівень цін, рівень інфляції та особисті якості працівників тощо, та дозволяє обирати тих контрагентів, співробітництво з якими має найменший ризик. Даний інструмент представляє значну практичну цінність для підприємств різних галузей і напрямів діяльності, функціонування яких включає перевезення.

## Література

1. *Ansoff I. H. Optimizing Profitability in Turbulent Environments: A Formula for Strategic Success/ I. H. Ansoff, P. Sullivan // Long Range Planning. — V.26, № 5. — 1993. — P. 11—23.*
2. *Ансофф И. Стратегическое управление / И. Ансофф. — М.: Изд-во «Экономика», 1989. — 519 с.*
3. *Архипов В. М. Стратегический менеджмент: Учебное пособие / В. М. Архипов, О. Р. Верховская. — СПб.: Изд-во СПбГУЭФ, 2007. — 264 с.*
4. *Gerald D. Bell. Organizations and the External Environment / D. Bell Gerald // — op. cit.: McGuire, 1997. — 260 p.*
5. *Болотов С. П. Оценка уровня адаптации предприятий / С. П. Болотов // Вестник СыктГУ. — Серия 6. Экономика, управление, право. — 2002. — С. 17—28.*
6. *Воронкова А. Е. Підтримка конкурентоспроможного потенціалу підприємства / Воронкова А. Е., Пономарьов В. П., Дібніс Г. І. — К.: Техніка, 2000. — 152 с.*
7. *Градov А. П. Стратегия промышленного предприятия: структура, функции, процессы, внешняя среда / Градов А. П., Ильин И. В., Сулова С. Б. — СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2008. — 551 с.*

8. *Дженстер П.* Анализ сильных и слабых сторон компании: определение стратегических возможностей / Дженстер П., Хасси Д.; пер. с англ. — М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. — 368 с.

9. *Томпсон А. А.* Стратегический менеджмент. Искусство разработки и реализации стратегии : учебник для вузов / А. А. Томпсон, А. Дж. Стрикленд; пер. с англ. Под ред. Л. Г. Зайцева, М. И. Соколовой. — М.: Банки и биржи, ЮНИТИ, 1998. — 576 с.

10. *Хасси Д.* Стратегия и планирование. Путеводитель менеджера / Д. Хасси. — СПб.: Питер, 2000. — 378 с.

11. *Шемаєва Л. Г.* Управління стратегічною взаємодією підприємства із зовнішнім середовищем / Л. Г. Шемаєва. — Харків : Вид-во ХНЕУ, 2007. — 280 с.

12. *George A. Steiner.* Strategic Factors in Business Success / George A. Steiner. -- New York: New York Financial Executives Research Foundation, 1969. — 20 p.

13. *George A. Steiner.* Menedgment Policy and Strategy / George A. Steiner, John B. Miner. --New York: Macmillan, 1977. -- P. 41—42.

Стаття надійшла до редакції 26.12.2011